

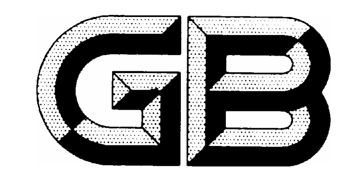
GB 7674 (2008) (Chinese): Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72.5 kV and above



BLANK PAGE



ICS 29.130.10
K43



中华人民共和国国家标准

GB 7674—200×
代替GB 7674-1997

额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备

Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72.5 kV and above

（IEC 62271-203:2003 High-voltage switchgear and controlgear-Part203:Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV，MOD）

（报批稿）

（本稿完成日期：2007-05）

××××-××-××发布 ××××-××-××实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

目　　次

前　言

本标准的全部技术内容为强制性。

本标准是修改采用IEC 62271-203:2003（原IEC 60517的第3版）《高压开关设备和控制设备——第203部分：额定电压52 kV以上的气体绝缘金属封闭开关设备》。

本标准与IEC 62271-203:2003的主要差别是：

—— 适用范围。根据我国电网的实际情况，去掉了 IEC 62271-203 中额定频率 60 Hz 的有关内容；根据我国中高压的划分习惯，适用的额定电压由“52 kV 以上”改为“72.5 kV 及以上”；

—— 额定电压。去掉了与我国电网无关的额定电压数值，按照 GB/T 11022（或 GB 156）中所列的电压给出；并根据最新的研究成果及我国电网可能的发展态势，给出了额定电压为 1 100 kV 的相关参数。

本标准代替 GB 7674-1997《72.5 kV 及以上的气体绝缘金属封闭开关设备》 。

本标准与GB 7674-1997的主要差别有：

—— 额定电压增加 800 kV、1 100 kV 两档及相应的参数；

—— 绝缘水平的数值普遍有所提高，尤其是针对额定电压 363 kV 及以上的电压等级；

—— 增加防腐蚀的相关要求和试验；

—— 增加了接地回路电气连续性的具体要求；

本标准中各章、条的编排顺序与IEC 62271-203:2003一致，大部分条文的内容与IEC 62271-203:2003相同，不同之处在前述的主要差别中已给予了说明。

本标准与GB/T 11022-1999一起使用，除非本标准中另有规定，本标准参照GB/T 11022。为了简化相关要求的重复表述，本标准的章条号与GB/T 11022相同。对这些章条内容的补充在同一引用标题下给出，而附加的条款从101开始编号。

本标准的附录A、附录B和附录C是规范性附录，附录D和附录E是资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会（SAC/TC 65）归口。

本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会负责解释。

本标准起草单位及成员：

负责起草单位：西安高压电器研究所

参加起草单位：中国电力科学研究院高压开关研究所、西安西开高压电气股份有限公司、河南平高电气股份有限公司、新东北电气（沈阳）高压开关有限公司、天水长城开关厂、机械工业高压电器产品质量检验中心（沈阳）、重庆泰高博森电气有限公司、上海华通开关厂有限公司、华东电网有限公司、北京北开电器股份有限公司、上海西门子高压开关有限公司、广州白云电器设备股份有限公司、正泰电气股份有限公司、浙江昌泰电力开关有限公司、泰开电气集团有限公司、江苏省如高高压电器有限公司、金华电力开关有限公司、长江委设计院。

本标准主要起草人：田恩文、李　鹏、严玉林。

本标准参加起草人：崔景春、杨大锟、赵伯楠、刘兆林、王建西、阎关星、任海泉、赵羲英、

张文兵、洪深、马平、吴鸿雁、熊寿春、孙永恒、张铎、张　姝、马增锐、赵鸿飞、田可新、孔祥军、沈　威、邹景行、施文耀、虞宇飞、何志猛、杨英杰、冯四喜、李建华、赵文强、马　力、侯平印、杨成懋、石凤翔、叶树新、曹文斌、范　彧、楼　丹、刘志民、钱　卫、王根政、孙荣春、李小松、吴忠。

本标准所替代标准的历次版本发布情况：

—— GB 7674-1997；

—— GB 7674-1987。

额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备

1 概述

1.1 范围

本标准规定了交流额定电压72.5 kV及以上额定频率50 Hz的户内和户外安装的气体绝缘金属封闭开关设备，其绝缘的获得至少部分通过绝缘气体而不是处于大气压力下的空气。

为了便于本标准的使用，术语“GIS”和“开关设备”均用于表述“气体绝缘金属封闭开关设备”。

本标准涵盖的气体绝缘金属封闭开关设备由可以直接连接在一起的独立元件构成，且这些元件只能按这种方式运行。

根据需要，本标准对适用于构成GIS的各个独立元件的相关标准进行了完善和补充。

1.2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。对注日期的引用文件，仅引用的版本适用；对未注日期的引用文件，引用文件的最新版本（包括所有的修订）适用。

GB/T 11022的1.2适用，并作如下补充：

GB 1207-1997 电流互感器（eqv IEC 60186：1987）

GB 1208-1997 电压互感器（eqv IEC 60185：1987）

GB 1984-2003 高压交流断路器（IEC 62271-100：2001，MOD）

GB 1985-2004 高压交流隔离开关和接地开关（IEC 62271-102：2002，MOD）

GB/T 2423.17-1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验 *Ka*：盐雾试验方法（eqv IEC 60068-2-11-81）

GB/T 4109-1999 高压管套技术条件（eqv IEC 60137：1995）

GB/T 7354-2003 局部放电测量（IEC 60270：2000，IDT）

GB/T 8905-1996 六氟化硫电器设备中气体管理和使用导则（neq IEC 60480）

GB 9326（全部）交流330 kV及以下的油纸绝缘自容式充油电缆及附件（IEC 60141-1，MOD）

GB/T 11017.1-2002 额定电压110 kV绞联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件 第1部分：试验方法和要求（eqv IEC 60840：1999）

GB/T 11023-1989 高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法

GB/T 12022-1989 工业六氟化硫（neq IEC 60376）

GB/T 13540-1992 高压开关设备 抗地震性能试验

GB/T ×××× 额定电压72.5 kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备与充流体及挤包绝缘电力电缆连接——充流体和干式电缆终端（IEC/TS 60859，MOD）

GB/T ×××× 额定电压72.5 kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备和电力变压器的直接连接（IEC/TR 61639，MOD）

IEC 60815 绝缘子在污秽条件下的选用导则

IEC 61462 复合绝缘子——用于户外和户内电气设备中的盆式绝缘子——定义、试验方法、验收判据及推荐的设计

IEC 61672-1 电声学——声级计——第1部分：技术要求

IEC 61672-2 电声学——声级计——第2部分：模型评估试验

IEC 62067 额定电压150 kV（U_m=170 kV）到500 kV（U_m=550 kV）干式绝缘电力电缆及其附件——试验方法和要求

IEC 62155 额定电压大于1 000 V电气设备用盆式压制或非压制瓷和玻璃绝缘子

ISO 3231 油漆和釉子——包含二氧化硫的湿大气耐受能力的确定

注： 本标准中还引用其他标准作为资料。它们在参考文献中列出。

2 正常和特殊使用条件

GB/T 11022-1999的第2章适用，并作如下补充：

在任何海拔处内绝缘的介电特性和海平面处相同。因此，对于内绝缘，关于海拔没有特别的要求。

GIS的某些部件如压力释放装置和压力及密度监测装置可能会受到海拔的影响。如果需要，制造厂应采取适当的措施。

2.1 正常使用条件

GB/T 11022-1999的2.1适用，具体见本标准的表101。

2.2 特殊使用条件

GB/T 11022-1999的2.2适用，具体见本标准的表101。

在表中使用大于号（＞）的场合，则具体数值应由用户按照GB/T 11022的规定来确定。

表 101 GIS 使用条件的参照表

项目	正常		特殊	
	户内	户外	户内	户外
周围空气温度： 最低（℃） 最高（℃）	 -5、-15或-25 +40	 -10、-25、-30或-40 +40	 -25 +50	 -50* +50
阳光辐射（W/m²）	不适用	1 000	不适用	＞1 000
海拔（m）	1 000	1 000	＞1 000	＞1 000
污秽等级[a]	不适用	Ⅱ、Ⅲ	Ⅱ、Ⅲ或Ⅳ	Ⅲ或Ⅳ
覆冰（mm）	不适用	10或20	不适用	＞20
风速（m/s）	不适用	34	不适用	＞34
湿度（%）（日平均值）（户外的条件按GB/T 11022考虑）	95	100	98	100
凝露或凝结	偶尔	存在	存在	存在
震动等级	不适用	不适用	GB/T 13540	GB/T 13540
二次系统中感应的电磁干扰（kV）	1.6	1.6	＞1.6	＞1.6
注： 用户的技术规范可以采用上述正常和特殊使用条件的任意组合。				
[a] 污秽等级Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ符合 IEC 60815 的表 1。				
* 应考虑低温对气体压力的影响。				

3 术语和定义

为了便于本标准的使用，GB/T 11022中给出的定义以及下述定义适用。

3.101

金属封闭开关设备和控制设备 metal-enclosed switchgear and controlgear

除了外部连接外，具有完整并接地的金属外壳的成套开关设备和控制设备。

[GB/T 2900.20的3.5]

3.102

气体绝缘金属封闭开关设备 gas-insulated metal-enclosed switchgear

绝缘的获得至少部分通过绝缘气体而不是处于大气压力下空气的金属封闭开关设备。

注1：本术语通常适用于高压开关设备和控制设备。

[GB/T 2900.20的3.12]

注2：三极封闭气体绝缘开关设备适用于三极封闭在一个公共外壳内的开关设备。

注3：单极封闭气体绝缘开关设备适用于每极封闭在一个独立外壳内的开关设备。

3.103

气体绝缘开关设备的外壳 gas-insulated switchgear enclosure

气体绝缘金属封闭开关设备的部件，它保持处于规定条件下的绝缘气体以安全地维持要求的绝缘水平，保护设备免受外部影响并对人员提供安全防护。

注： 外壳可以是三极或单极的外壳。

3.104

可移开的连接 removable link

导体的部件，为了把GIS的两部分相互隔离并可以容易地移开。

3.105

隔室 compartment

气体绝缘金属封闭开关设备的一部分，除了相互连接和控制需要打开外全部封闭。

注： 隔室可以根据其内部的主要元件命名，例如，断路器隔室，母线隔室。

3.106

元件 component

实现特定功能的气体绝缘金属封闭开关设备主回路和接地回路的主要部件(例如断路器、隔离开关、负荷开关、互感器、套管、母线等）。

3.107

支持绝缘子 support insulator

支撑一极或多极导体的内部绝缘子。

3.108

隔板 partition

把一个隔室和其它隔室分开的支持绝缘子。

3.109

套管 bushing

在外壳端头处可以承载一极或多极导体并与其绝缘的结构件，包括连接的方式(例如，空气套管）。

3.110

主回路 main circuit

用于输送电能的回路中所包含的气体绝缘金属封闭开关设备的所有导电部件。

[GB/T 2900.20的2.24，修改过]

3.111

辅助回路 auxiliary circuit

用于控制、测量、信号和调节的回路（不同于主回路）中所包含的气体绝缘金属封闭开关设备的所有导电部件。

注： 气体绝缘金属封闭开关设备的辅助回路包括开关装置的控制和辅助回路。

3.112

外壳的设计温度

在规定的最严酷使用条件下外壳所能达到的最高温度。

3.113

外壳的设计压力 design temperature of enclosures

用于确定外壳设计的相对压力。

注1：它至少应等于在规定的最严酷使用条件下绝缘气体所能达到的最高温度时外壳内部的最高压力。

注2：确定设计压力时不考虑开断操作（例如，断路器）过程中或随后出现的瞬态压力。

3.114

隔板的设计压力 design pressure of partitions

隔板两边的相对压力。

3.115

压力释放装置的动作压力 operating pressure of pressure relief device

为压力释放装置所选择的释放压力的相对压力值。

3.116

外壳和隔板的例行试验压力 routine test pressure of enclosures and partitions

所有的隔板和外壳制造后都应承受的相对压力。

3.117

外壳和隔板的型式试验压力 type test pressure of enclosures and partitions

所有的隔板和外壳在型式试验中应承受的相对压力。

3.118

破裂 fragmentation

由于压力升高导致外壳损坏并伴有固体材料抛出。

注： 术语“外壳没有破裂”应按如下解释：

——隔室没有爆破；

——没有固体部件从隔室中飞出。

例外情况有：

——压力释放装置的部件，如果它们是直接射出的；

——外壳烧穿时产生的灼热粒子和熔化材料。

3.119

破坏性放电 disruptive discharge

在电压作用下与绝缘失效有关的现象。此时，受试绝缘完全被放电所桥接，使电极间的电压降低到零或接近于零。

注1：本术语适用于固体、液体和气体介质以及它们的组合体中的放电。

注2：固体介质中的破坏性放电导致绝缘强度永久性丧失（非自恢复绝缘）；而在液体或气体介质中，绝缘强度的丧失可能仅是暂时的（自恢复绝缘）。

3.120

使用周期 service period

直到要求维修的时间，包括打开充气隔室。

3.121

运输单元 transport unit

无须拆卸即可装运的气体绝缘金属封闭开关设备的部件。

4 额定值

GIS的额定值由下述参数组成：

a） 额定电压（U_r）；

b） 额定绝缘水平；

c） 额定频率（f_r）；

d） 额定电流（I_r）（主回路的）；

e） 额定短时耐受电流（I_k）（主回路和接地回路的）；

f） 额定峰值耐受电流（I_p）（主回路和接地回路的）；

g） 额定短路持续时间（t_k）；

h） 构成气体绝缘金属封闭开关设备一部分的元件，包括它们的操动机构和辅助设备的额定值。

4.1 设备的额定电压（U_r）

GB/T 11022-1999的4.1适用，并作如下补充：

注： 构成GIS一部分的元件可以按照各自的标准具有独立的额定电压值。

4.2 额定绝缘水平

GB/T 11022-1999的4.2和表1及表2适用。对于GIS，下面的表102和表103是优先选用值。

GIS包含的元件可能具有限定的绝缘水平。尽管通过选择适当的绝缘水平可大幅避免内部故障，但是，还应考虑限制外部过电压的措施（例如，避雷器）。

注1：根据CIGRE的研究，标准的试验耐受电压之间的特征比值，对于SF_6气体绝缘，U_d/U_p=0.45，U_s/U_p=0.75。

表103中给出的U_d值就是根据该系数计算的。

注2：关于套管的外露部件（如果有），见GB/T 4109。

注3：波形为标准的雷电冲击电压和操作冲击电压波形，设备耐受其它类型冲击的能力的研究结果尚未确定。

注4：对于特定额定电压的设备选择替代的绝缘水平时应基于绝缘配合研究，并考虑到由于开合自发引起的瞬态过电压。

表 102　额定电压范围Ⅰ的优先选用额定绝缘水平

设备的额定电压 U_r kV（有效值）	额定短时工频耐受电压 U_d kV（有效值）		额定雷电冲击耐受电压 U_p kV（峰值）	
	极对地、开关装置断口间及极间	隔离断口间	极对地、开关装置断口间及极间	隔离断口间
（1）	（2）	（3）	（4）	（5）
72.5	140	160	325	325+60
	160	160+42	350	350+60
126	230	265	550	630
		230+73		550+103
252	460	530	1050	1200
		460+145		1050+206

注：栏（2）中的值适用于

——对于型式试验，极对地和极间；

——对于出厂试验，极对地、极间和开关装置断口间。

栏（3）、栏（4）和栏（5）中的值仅适用于型式试验。

表 103　额定电压范围Ⅱ的优先选用额定绝缘水平

设备的额定电压 U_r kV(有效值)	额定短时工频耐受电压 U_d kV(有效值)		额定操作冲击耐受电压 U_s kV(峰值)			额定雷电冲击耐受电压 U_p kV(峰值)	
	极对地和极间（注3）	开关装置断口间和/或隔离断口间（注3）	极对地和开关装置断口间	极间（注3和注4）	隔离断口间（注1、注2和注3）	极对地和极间	开关装置断口间和/或隔离断口间（注3）
（1）	（2）	（3）	（4）	（5）	（6）	（7）	（8）
363	520	675	950	1425	800（+295）	1175	1175（+205）
550	710	925	1175	1760	900（+450）	1550	1550（+315）
800	960	1270	1425	2420	1100（+650）	2100	2100（+455）
		960+455	1550		1300（+650）		
1100	1100	1100+635	1800	2700	1675+（900）	2400	2400+（900）

注 1：栏（6）的值也适用于某些断路器，见GB 1984。

注 2：栏（6）中括号内的数值是施加在对侧端子上工频电压的峰值$U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$（联合电压）。栏（8）中括号内的数值是施加在对侧端子上工频电压的峰值0.7$U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$（联合电压）；对于额定电压1 100 kV，该栏还采用了$U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$。见GB/T 11022-1999的附录D。

注 3：栏（2）中的值适用于

——对于型式试验，极对地和极间；

——对于出厂试验，极对地、极间和开关装置断口间。

栏（3）、栏（4）、栏（5）、栏（6）、栏（7）和栏（8）中的值仅适用于型式试验。

注 4：这些数值是用GB 311.1的表2中规定的乘数导出的。

4.3 额定频率（f_r）

GB/T 11022的4.3适用。

4.4 额定电流和温升

4.4.1 额定电流（I_r）

GB/T 11022-1999的4.4.1适用，并作如下补充：

GIS的某些主回路（例如，母线、馈电回路等）可能具有不同的额定电流值。

4.4.2 温升

GB/T 11022-1999的4.4.2适用，并作如下补充：

GIS中包含的元件的温升没有被GB/T 11022所涵盖时，不应超过相应元件标准中的温升限值。

注： 如果操作人员不可触及的外壳的部分温升等于或高于65 K，应采取措施来保证不会引起周围绝缘材料的损坏。

4.5 额定短时耐受电流（I_k）

GB/T 11022-1999的4.5适用。

4.6 额定峰值耐受电流（I_p）

GB/T 11022-1999的4.6适用，并作如下补充：

注： 原则上，主回路的额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流不能超过其串联的元件中的最薄弱元件相应的额定值。

4.7 额定短路持续时间（t_k）

GB/T 11022-1999的4.7适用。

4.8 合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压（U_a）

GB/T 11022-1999的4.8适用。

4.9 合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率

GB/T 11022-1999的4.9适用，并作如下补充：

操动机构和辅助回路的额定电源频率是用来确定运行条件和这些装置和回路温升的频率。

4.10 绝缘和/或操作用压缩气源的额定压力

GB/T 11022-1999的4.10不适用。

5 设计与结构

GIS应设计成能够安全地正常运行、检查和维护，连接电缆的接地、电缆故障的定位、连接电缆或其它电器的电压试验以及危险静电电荷的消除，包括安装和扩建后相序的检查。

设备的设计应使得协议允许的基础移动以及机械和热的效应不会损害设备规定的性能。

可能需要更换的相同额定值和结构的所有元件应具有互换性。

除了本标准修改过的外，外壳内包含的各种元件应满足各自的标准。

5.1 开关设备和控制设备中液体的要求

GB/T 11022-1999的5.1不适用。

5.2 开关设备和控制设备中气体的要求

GB/T 11022-1999的5.2适用，并作如下补充：

对于GIS，可以使用符合GB 12022新的SF_6和符合GB/T 8905的用过的SF_6。

注 1：运行中SF_6的检查参考GB/T 8905。

注 2：SF_6的处理参考IEC 61634。

注 3：使用过的SF_6的数值正在考虑中。

5.3 开关设备和控制设备的接地

GB/T 11022-1999的5.3适用，并作如下补充：

5.3.101 主回路的接地

为了保证维护工作的安全性，需要触及或可能触及的主回路的所有部件应能够接地。

可以通过下述方法实施接地：

a) 如果连接的回路有带电的可能性，采用关合能力等于额定峰值耐受电流的接地开关；

b) 如果能够肯定连接的回路不带电，采用没有关合能力或关合能力小于额定峰值耐受电流的接地开关。

此外，外壳打开后，在对回路元件维修期间，事先通过接地开关接地之处外，应有可能与可移开的接地装置连接。

5.3.102 外壳的接地

外壳应和地连接。所有不属于主回路和辅助回路的金属部件都应接地。对于外壳、框架等的相互连接，允许采用螺栓或焊接紧固的方式来保证电气连续性）。

考虑到它们需要承载的电流引起的热的和电气负荷，应保证接地回路的电气连续性。

如果采用单极封闭的开关设备，由于感应电流，应装设一个闭环回路，即三极外壳之间的相互连接。每一个闭环回路应尽可能直接地通过能够承载短路电流的导体后和总的接地网相连。

注： 闭环回路用来避免外壳中的感应电流流入接地回路和接地网。它们通常根据额定电流选择尺寸并位于每一段的末尾。

5.4 辅助和控制设备

GB/T 11022-1999的5.4适用。

5.5 动力操作

GB/T 11022-1999的5.5适用。

5.6 储能操作

GB/T 11022-1999的5.6适用。

5.7 不依赖人力的操作

GB/T 11022-1999的5.7不适用。

5.8 脱扣器操作

GB/T 11022-1999的5.8适用。

5.9 低压力和高压力闭锁和监控装置

GB/T 11022-1999的5.9适用，并作如下补充：

对于GIS，仅气体密度是至关重要的。

每个隔室的气体密度或温度补偿的气体压力应连续监测。监控装置对压力或密度至少应提供两段报警水平（报警和最低功能压力或密度）。

注1：如果相邻隔室间的额定充入压力不同，可以采用带有第三段过压力值的报警指示装置。

注2：应考虑到监控装置的偏差，以及监控装置和受监控的气体体积之间因温度可能存在的差异。

高压设备运行期间，应能够对气体监控装置进行检查。

注3：气体监控装置的检查可能引发错误的报警，继而可能引发或阻止开关设备的动作。

5.10 铭牌

GB/T 11022-1999的5.10适用，并作如下补充：

如果制造厂和用户间达成协议，GIS及其所有的操动装置以及主要元件均应装有铭牌。铭牌应耐久并清晰易读。

如果GIS的公共信息已在一个铭牌上标明，元件独立的铭牌可以简化。

制造厂应给出有关GIS设施中包含的SF_6气体总量方面的信息。

5.11 联锁装置

GB/T 11022-1999的5.11适用，并作如下补充：

对于用作隔离断口和接地的主回路中安装的电器，下述规定是强制的：

——在维护期间用于保证隔离断口的主回路中的电器，应提供联锁装置以防止合闸；

——接地开关应提供联锁装置以避免分闸。

接地开关应和相应的隔离开关联锁。

负荷开关以及隔离开关应和相应的断路器联锁，以防止相应的断路器未分闸的情况下负荷开关或隔离开关的分闸或合闸。但是，在多母线的变电站，运行中的母线应可以进行转换开合操作。

5.12 位置指示

GB/T 11022-1999的5.12适用，并作如下补充：

GB 1985-2004的5.104.3.1适用。

5.13 外壳的防护等级

GB/T 11022-1999的5.13适用。

5.14 爬电距离

GB/T 11022-1999的5.14适用。

5.15 气体和真空的密封性

GB/T 11022-1999的5.15适用，并作如下补充：

泄漏损耗和处理损耗应分开考虑。

注1：目标是为了使得总的损耗（泄漏和处理）尽可能低。应达到在最短运行寿命为25年期间所有气体隔室的损耗平均值小于15%。

注2：运行中异常泄漏的原因应仔细研究并采取纠正行为。

5.15.1 气体的可控压力系统

GB/T 11022-1999的5.15.1不适用。

5.15.2 气体的封闭压力系统

GB/T 11022-1999的5.15.2适用。

5.15.3 密封压力系统

GB/T 11022-1999的5.15.3适用。

5.15.101 泄漏

GIS应为封闭压力系统或密封压力系统。

如果是封闭压力系统，在设备运行寿命期间，从GIS任一单个隔室泄漏到大气和隔室间的漏气率不应超过每年0.5%。

注： 可以使用GB/T 11022-1999的附录E规定的程序。

5.15.102 气体处理

GIS应设计成在运行寿命期间气体处理的损耗最小化。制造厂应规定使气体处理损耗最小化的试验和维护程序并标明每一个程序相关的气体损耗。

制造厂应根据GB/T 8905和IEC 61634推荐SF_6处理的程序。

5.16 液体的密封性

GB/T 11022-1999的5.16不适用。

5.17 易燃性

GB/T 11022-1999的5.17适用。

5.18 电磁兼容性（EMC）

GB/T 11022-1999的5.18适用。

5.101 压力配合

由于不同的使用条件，GIS内部的压力可以不同于额定充入压力。由于温度和隔室间的泄漏导致的压力升高会产生附加的机械应力。因泄漏导致的压力降低会降低绝缘性能。图101给出了各种压力水平和它们之间的关系。

图 101 压力配合

制造厂有责任选择绝缘和操作的最低功能压力P_{me}。为了使再充气前达到足够的时间，额定充入压力P_{re}与报警压力P_{ae}和漏气率有关。

报警压力P_{ae}和最低功能压力P_{me}之间的时间应允许足够的反应时间来动作。应考虑到气体监控装置的偏差。

在使用状态下，机械应力与气体温度决定的内部压力相关。因此，设计压力对应于在气体能够达到的最高温度时的额定充入压力。

考虑到材料和制造工艺因素，例行试验压力和型式试验压力基于设计压力。

5.102 内部故障

5.102.1 概述

按照本标准制造的GIS导致内部故障电弧发生的概率很低。这主要是因为采用了绝缘气体而不是大气压力下的空气，且不会因污染、湿度或害虫而变化。

布置应使得内部电弧故障对开关设备连续运行能力的影响最小。电弧的影响应限制到已发生电弧的隔室，或者，限制到故障段的其它隔室，如果本段内隔室间采用了压力释放装置，故障隔室或故障段隔离后，剩余设备应能恢复正常操作运行。

5.102.2 电弧的外部效应

内部电弧的效应是

——气体压力升高（见附录D.1）；

——外壳烧穿的可能。

为了对人员提供高等级的防护，电弧的外部效应应限制（通过适当的保护装置）到外壳出现孔洞或裂缝而没有碎片。

电弧的持续时间与第一段（主保护）和第二段（后备保护）保护确定的保护系统的性能有关。

表104给出了根据保护系统性能确定的电弧持续时间的性能判据。

表 104 性能判据

额定短路电流	保护段	电流持续时间	性能判据
＜40 kA（有效值）	1	0.2 s	除了适当的压力释放装置动作外没有外部效应
	2	≤0.5 s	没有碎片（允许烧穿）
≥40 kA（有效值）	1	0.1 s	除了适当的压力释放装置动作外没有外部效应
	2	≤0.3 s	没有碎片（允许烧穿）

制造厂和用户可以规定直到某一给定短路电流的内部故障电弧而没有外部效应的持续时间。该时间的确定应基于试验结果或者公认的计算程序。见附录D.1。

对于不同短路电流值而不烧穿的电流的持续时间可以根据公认的计算程序来确定。

5.102.3 内部故障定位

如果用户要求确定故障位置，GIS制造厂应提出适当的方法。

5.103 外壳

5.103.1 概述

外壳应能够耐受运行中出现的正常和瞬时压力。

5.103.2 外壳的设计

外壳的设计应按照充气承压外壳、装有惰性的、非腐蚀性的、低压力气体的高压开关设备和控制设备已有的标准进行。更详细的资料见参考文献。

计算焊接或铸造外壳厚度和结构的方法应基于3.113中定义的设计压力。

注：设计外壳时还应考虑下述因素：

——正常充气过程中可能出现的真空；

——外壳或隔板两侧可能出现的全部的压力差；

——在相邻隔室具有不同压力的情况下，如果没有监测到过压力，隔室之间出现意外泄漏事件时出现的压力；

——出现内部故障的可能性（见5.102）。

确定设计压力时，气体温度应取外壳温度上限和主回路流过额定电流时主回路导体温度的平均值，否则，可根据已有的温升试验记录确定设计压力。

对于外壳及其部件的强度不能完全通过计算确定，应进行验证试验（见6.103）来证明其满足该要求。

外壳结构中使用的材料应是熟知的、基于计算和/或验证试验证明具有最低物理特性。制造厂应基于材料供应商的检验证书，或制造厂进行的试验，或者两者，对材料的选择和其最低物理特性的维护负责。

5.104 隔板

5.104.1 隔板的设计

由于运行中大多数隔板两侧具有相同的压力或很小的压力差，显著的压力取决于维护程序。这种情况出现在隔板一侧承受正常压力而另一侧正在进行维护处于大气压力。但是，还有一种设计，隔板一侧承受压力，另一侧长期处于大气压力。在这两种情况下，隔板承压侧需要考虑的压力是在阳光辐射效应下的最高周围空气温度（如果适用）和额定连续电流（如果适用）时的压力。两种情况导出的压力就是隔板的设计压力。如果需要，制造厂也可以规定，隔板承压侧的压力低于维护期间规定的压力和控制的压力。在此情况下，该压力就是设计压力。

设计隔板时，如果适用，应考虑下述因素：

——正常运行期间隔板两侧的全部压力差；

——作为充气过程的一部分，隔板一侧的充气隔室处于真空状态而另一侧处于正常运行压力；

——设备和相关回路在电气试验期间，隔板一侧受控的压力增加而另一侧处于正常运行压力；

——对于非对称的隔板，就隔板的压力而言，是指最坏的压力方向；

——叠加的负荷和震动；

——靠近承压隔板进行维护的可能性。

5.104.2 隔板

GIS应按照既满足正常运行条件又可以达到限制内部电弧效应的目的（见5.102.1）来划分隔室。

为此，要求隔板能够保证当相邻隔室因泄漏或维护时处于降低的压力的状况下而不会显著改变一个隔室的绝缘特性。它们通常是绝缘材料的且本身不需要对人员提供电气安全，对此情况，其它方法如通过隔离断口来分离和将设备接地可能是必要的；但是，它们应在相邻隔室仍然存在正常气体压力的情况下提供机械安全。

应考虑隔板的数量、不同充气隔室的尺寸以及用户的运行和维护方案可能对SF6的处理损耗和设备停运时间的影响。

将一个充有绝缘气体的隔室和一个相邻的充有液体的隔室分开的隔板，，不应出现任何影响两种介质绝缘特性的泄漏。

图102给出了相邻隔室不同类型的外壳和隔板的布置示例。

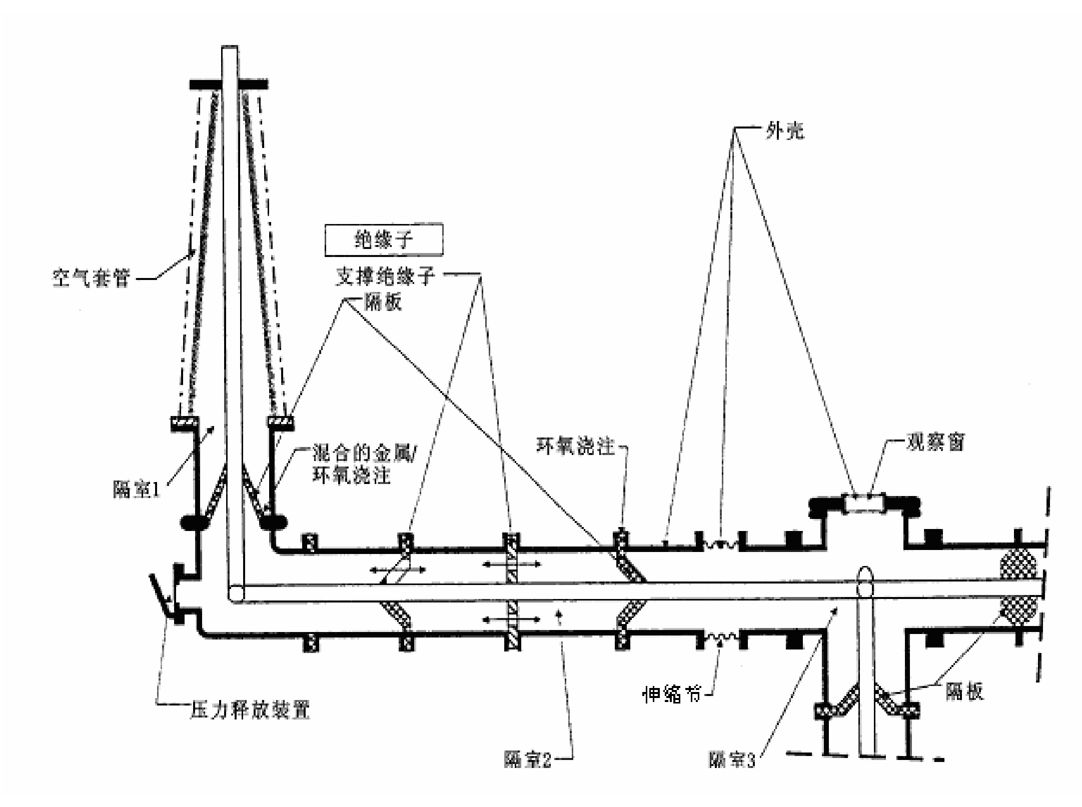


图 102 外壳和充气隔室布置示例

5.105 压力释放

符合本条款的压力释放装置的布置应使得在承压的气体或蒸汽逸出的情况下对在气体绝缘变电站内正在履行其正常运行职责的人员的危险最小。

注：术语“压力释放装置”包括用开启和关闭压力表征的压力释放阀；以及不能再关闭的压力释放装置，例如膜片和爆破盘。

5.105.1 最高充入压力的限制

对于充气隔室，应在充气管道上安装压力释放阀以防止在外壳充气期间气体压力上升到高于设计压力的10%以上。

压力释放阀打开后，在压力降至设计压力的75%以前应能重新闭合。

选择充入压力时应考虑到充气时的气体温度。

5.105.2 内部故障情况下的压力升高限制

内部故障电弧后，由于损坏的外壳需要更换，压力释放装置仅需要与限制电弧外部效应相一致（见5.102.2）。

在内部故障情况下，压力释放装置防止产生的过压力。由于安全原因以及为了限制对GIS的不良后果，除了过压力能够自身限制到不超过型式试验压力以外，对于大容积隔室，推荐每个隔室都装设压力释放装置。计算方法见附录D。

压力释放装置应装设导流板来控制逸出的方向，使得在正常运行时可触及的位置工作的运行人员没有危险。

为了避免正常运行条件下的压力释放动作，在设计压力和压力释放装置的动作压力之间应有足够的差值。而且，确定压力释放装置的动作压力时应考虑到运行期间出现的瞬时压力（如果适用，如断路器）。

注：在内部故障导致外壳变形的情况下，应检查相邻隔室的外壳是否变形。

5.106 噪声

操作期间，开关设备发出的噪声水平不应超过规定的数值。验证程序应根据用户和制造厂之间的协议（见IEC 61672-1和IEC 61672-2）。

5.107 界面

为了方便GIS的试验，下述每种元件在设计过程中可以包括隔离设施。这种隔离的方式优先于拆卸的方式。对于空气套管，优先解开空气侧的高压连接。

隔离设施应设计成能够耐受下述元件的试验电压。

5.107.1 电缆连接

GIS中那些仍然和电缆连接的部件应能耐受和设备相同额定电压的相关电缆标准规定的电缆试验电压（对于充油和充气电缆，见GB 9326;对于挤包电缆，见GB/T 11017.1和IEC 62067）。

如果不接受对GIS施加直流电缆试验电压，则对电缆试验应制定特殊的措施（例如，隔离设施和/或提高绝缘气体密度）。

通常在电缆绝缘试验期间，除非已经采取了特别措施来防止电缆中出现的破坏性放电影响GIS的带电部件，否则，GIS的相邻部件应不带电并接地。

应在电缆连接的外壳或GIS自身的外壳上提供电缆直流和/或交流电压试验适用的套管的位置（见GB/T ××××）。

5.107.2 和变压器的直接连接

见GB/T ××××。

5.107.3 套管

见GB/T 4109（户外油浸式套管，定义见3.13）、IEC 60815、IEC 62155和IEC 61462。

5.107.4 未来扩建的界面

如果计划扩建，用户应在技术规范中规定和考虑未来扩建所有可能的位置。

如果在今后用户要求和另一种GIS产品扩建的情况下，制造厂应以图样的形式提供足够的资料以便使得能够进行今后阶段的界面设计。保证设计细节的保密性的程序应在用户和制造厂之间达成协议。

界面应仅涉及到母线或母线管，且不应直接和“主动的”装置相连，如断路器或者隔离开关。如果计划扩建，推荐对界面关联的设施在扩建部分的安装和试验时应限制对已有的GIS部分进行重复试验，并允许和已有GIS的连接而不需进一步的绝缘试验（见C.3）。该设施应设计成能够耐受隔离断口的额定绝缘水平。

用户对已有的GIS的试验负责。

5.108 腐蚀

在其运行期间，应采取措施防止对设备的腐蚀。外壳的所有螺栓和螺钉部件都应易于拆卸。特别是，因为可能导致丧失密封性，接触的不同材料间的电镀腐蚀应予以考虑。考虑到螺栓和螺钉的腐蚀应保证接地回路的电气连续性。

5.109 伸缩节

伸缩节（如果有）主要用于装配调整、吸收基础间的相对位移或热胀冷缩的伸缩量等。制造厂应根据使用的目的、允许的位移量和位移方向等选定伸缩节的结构。

在GIS分开的基础间允许的相对位移（不均匀下沉）应由制造厂和用户商定。

5.110 观察窗

观察窗（如果有）至少应达到对外壳规定的防护等级。

观察窗应该使用机械强度与外壳相近的透明板遮盖（应保证气体不泄漏）。同时，应有足够的电气间隙或静电屏蔽等措施（例如，在观察窗的内侧加一个适当的接地金属编织网），防止形成危险的静电电荷。

主回路带电部分与观察窗的可触及表面之间的绝缘，应能耐受GB/T 11022-1999中4.2规定的对地和极间的试验电压。

6 型式试验

6.1 概述

GB/T 11022-1999的6.1适用，并作如下补充：

对于型式试验，可以采用符合GB 12022的新的SF_6或者符合GB/T 8905的使用过的SF_6。见5.2。

6.1.1 试验的分组

GB/T 11022-1999的6.1.1适用，并作如下补充：

作为一个总的原则，除非本标准中规定有特定的试验要求和条件，对GIS元件的试验应按它们相关的标准进行。对于此类情况，本标准中给出的条件应予以考虑。

除非规定了特定的试验说明，型式试验应在完整的功能单元（单极或三极）上进行。如果这样不可行，型式试验可在有代表性的总装或分装上进行。

由于元件的类型、额定值以及可能的组合多样性，对GIS的所有布置进行型式试验是不现实的。任何特定布置的性能可以根据有代表性的总装或分装获得的试验结果核实。用户应检查试验过的分装能够代表用户的布置。

下述表105中列出了型式试验和验证试验。如GB/T 11022中提出的那样，某些试验可以分组。表105中还给出了一种可能的分组示例。

表 105 型式试验分组示例

组别	强制的型式试验项目	条款号
1	a）验证设备绝缘水平的试验以及辅助回路的绝缘试验	6.2
-	b）验证无线电干扰电压（RIV）水平的试验（如果适用）	6.3
2	c）验证设备所有部件温升的试验以及主回路电阻测量	6.4和6.5
3	d)验证主回路和接地回路承载额定峰值耐受电流和额定短时耐受电流能力的试验	6.6
3	e）验证所包含的开关装置开断关合能力的试验	6.101
4	f）验证所包含的开关装置机械操作和行程——时间特性测量	6.102
4	g）验证外壳强度的试验	6.103
4	h）外壳防护等级的验证	6.7
4	i）气体密封性试验和气体状态测量	6.8
5	j）电磁兼容性试验（EMC）	6.9
5	k）辅助和控制回路的附加试验	6.10
4	l）隔板的试验	6.104
4	m）验证在极限温度下机械操作的试验	6.102.2
-	n）验证热循环下性能的试验以及绝缘子的气体密封性试验	6.106
-	o）接地连接的腐蚀试验（如果适用）	6.107
组别	如果用户要求（可以使用附加的试品）的型式试验项目	条款号
-	p）评估内部故障电弧效应的试验*	6.105
* 可以使用附加的试品。		

6.1.2　确认试品的资料

GB/T 11022-1999的6.1.2适用。

6.1.3　型式试验报告中包含的资料

GB/T 11022-1999的6.1.3适用。

6.2　绝缘试验

GB/T 11022-1999的6.2适用，并作如下补充：

GB/T 11022-1999的附录F不适用。

根据6.2.9所述的试验程序，按型式试验进行的绝缘试验后应紧接着进行局部放电测量。

6.2.1　试验期间的周围空气条件

GB/T 11022-1999的6.2.1适用，并作如下补充：

对于GIS的绝缘试验，不需要施加大气校正系数。

6.2.2　湿试验程序

GB/T 11022-1999的6.2.2不适用，但应注意以下几点：

——湿试验仅适用于户外套管；

——试验电压和试验程序应按 GB/T 4109 中的规定。

6.2.3　绝缘试验期间开关设备和控制设备的状态

GB/T 11022-1999的6.2.3适用。

6.2.4　通过试验的判据

GB/T 11022-1999的6.2.4适用，并作如下补充：

b) 冲击电压试验

如果满足下述条件，试品就通过了冲击电压试验：

——对每一极性的每一个 15 次冲击破坏性放电的次数不应超过两次；

——非自恢复绝缘上不应出现破坏性放电。

这通过15次冲击系列中最后一次破坏性放电后不出现破坏性放电的至少五次冲击来验证。

如果该冲击是15次冲击系列外的五次冲击中的一次，则应施加附加的冲击。

为了排除运行中内部故障的所有可能的原因，检查绝缘强度对GIS特别重要。因此，如果在型式试验系列中出现任何破坏性放电，极力推荐采用所有可能的手段去发现闪络的位置并分析闪络的原因。应声明该绝缘失效的原因在制造过程中能够避免。

6.2.5　试验电压的施加和试验条件

GB/T 11022-1999的6.2.5适用，并作如下补充：

试验电压在6.2.6和6.2.7中规定。

如果每极独立地封闭在金属外壳（单极设计）内，仅需要进行对地试验，不需要进行极间试验。用于外部连接的套管应按相关的标准进行试验。

如果有观察窗，绝缘试验时应用接地的金属箔覆盖在观察窗可触及的一侧。

冲击电压试验期间，电流互感器二次侧应短路并接地。

应该注意到开关装置处于分闸位置时可能导致较不利的电场条件的可能性。对于这种情况，试验应在分闸位置重复进行。如果处于分闸位置的隔离开关的触头间插有接地的金属屏，则该触头间隙不是隔离断口。

如果电压互感器和/或避雷器是GIS不可分割的一部分并具有降低的绝缘水平，在绝缘试验期间它们可以用能够再现高压连接电场结构的替代品代替。试验期间过电压保护装置应予以隔离或移开。如果采用了该程序，电压互感器和/或避雷器应按相关的标准单独试验。

附录A中详细规定了特殊要求。

6.2.5.1　一般情况

GB/T 11022-1999的6.2.5.1适用。

6.2.5.2 特殊情况

GB/T 11022-1999的6.2.5.2适用，并作如下补充：

如果分开的开关装置间或隔离断口间的试验电压高于极对地耐受水平，但是却等于极间的耐受水平，试验电压应按照GB/T 11022-1999的6.2.5.2施加。

对于U_r≤252 kV的开关设备和控制设备，隔离断口间的试验可以将试验电压施加在隔离断口的一侧，另一侧接地，或者按照GB/T 11022-1999的6.2.5.2。

如果极间的耐受水平高于极对地的耐受水平，试验电压应按附录A施加。

6.2.6 U_r≤252 kV 的开关设备和控制设备的试验

额定耐受电压应为表102中规定的那些数值。

6.2.6.1 工频电压试验

GB/T 11022-1999的6.2.6.1适用，并作如下补充：

GIS的主回路应仅在干状态下进行工频电压试验。

6.2.6.2 雷电冲击电压试验

GB/T 11022-1999的6.2.6.2适用，并作如下补充：

如果采用了GB/T 11022-1999的6.2.5.2中规定的替代方法，试验电压是表102栏（5）中的规定值。

6.2.7 U_r＞252 kV 的开关设备和控制设备的试验

额定耐受电压应为表103中规定的那些数值。

6.2.7.1 工频电压试验

GB/T 11022-1999的6.2.7.1适用。

6.2.7.2 操作冲击电压试验

GB/T 11022-1999的6.2.7.2适用，并作如下补充：

GIS的主回路应仅在干状态下进行操作冲击电压试验。

对于三极设计，极间的操作冲击试验应采用特殊的试验要求。特殊的试验要求在附录A中详细规定。

6.2.7.3 雷电冲击电压试验

GB/T 11022-1999的6.2.7.3适用。

6.2.8 人工污秽试验

GB/T 11022-1999的6.2.8仅适用于户外套管。

6.2.9 局部放电试验

应进行局部放电试验，测量方法应按照GB/T 7354。

局部放电的测量应在绝缘型式试验后进行。

试验可以在用于进行全部绝缘型式试验的设备的总装或分装上进行。

注： 工频电压试验和局部放电试验可以同时进行。

6.2.9.101 试验程序

外施工频电压升高到预加值，该预加值等于工频耐受电压并保持在该值1 min。在这个期间出现的局部放电应不予考虑。然后，电压降到表106中的规定值，这些规定值取决于进行局部放电测量的设备结构和系统的中性点接地方式。

应记录熄灭电压。

表 106　测量局部放电量的试验电压

	中性点直接接地的系统		中性点非直接接地的系统	
	预加电压 $U_{pre-stress}$ （1 min）	PD测量的试验电压 $U_{pd-test}$ （>1 min）	预加电压 $U_{pre-stress}$ （1 min）	PD测量的试验电压 $U_{pd-test}$ （>1 min）
单极外壳设计（极对地电压）	$U_{pre-stress}=U_d$	$U_{pd-test}=1.2U_r/\sqrt{3}$	$U_{pre-stress}=U_d$	$U_{pd-test}=1.2U_r$
三极外壳设计	$U_{pre-stress}=U_d$	$U_{pd-test,ph-ea}=1.2U_r/\sqrt{3}$ $U_{pd-test,ph-ph}=1.2U_r$	$U_{pre-stress}=U_d$	$U_{pd-test,ph-ea}=1.2U_r$
U_r——设备的额定电压 U_d——表 102 和表 103 中规定的工频耐受试验电压 $U_{pre-stress}$——预加电压 $U_{pd-test}$——PD 测量的试验电压 $U_{pd-test,ph-ea}$——PD 测量的试验电压，极对地 $U_{pd-test,ph-ph}$——PD 测量的试验电压，极间				

此外，所有的元件应按各自相关的标准进行试验。

6.2.9.102　最大允许局部放电量

在表106规定的试验电压下最大允许局部放电量不应超过5 pC。

上述规定值适用于独立的元件以及包含这些元件的分装。但是，某些设备，例如液体、浸入或固体绝缘的电压互感器，按照它们相关的标准具有可接受的局部放电量高于5 pC。如果局部放电量不超过10 pC，所有包含允许局部放电量高于5 pC的元件的分装应认为是可接受的。这样的元件应单独试验且不应放在进行试验的分装内。

6.2.10　辅助和控制回路的绝缘试验

GB/T 11022-1999的6.2.10适用，并作如下补充：

电流互感器的二次侧应短路并与地隔离。电压互感器的二次侧应予以断开。

6.2.11　作为状态检查的电压试验

GB/T 11022-1999的6.2.11适用，并作如下补充：

对于三极外壳设计，该试验应在打开的开关装置断口间、隔离断口间、极对地和极间进行。

试验电压应为表102和表103的栏（2）和栏（3）规定值的80%。

6.3 无线电干扰电压（r.i.v.）试验

GB/T 11022-1999的6.3适用，并作如下补充：

本试验仅适用于套管。

6.4 回路电阻测量

6.4.1 主回路

GB/T 11022-1999的6.4.1适用，并作如下补充：

回路电阻测量适用于温升试验和短路试验前后的所有GIS元件。

测量所用的电流应等于或高于直流100 A以获取足够的准确度。

6.4.2 辅助回路

GB/T 11022-1999的6.4.2适用。

6.5 温升试验

6.5.1 受试开关设备和控制设备的状态

GB/T 11022-1999的6.5.1适用。

6.5.2 设备的布置

GB/T 11022-1999的6.5.2适用，并作如下补充：

除了每极独立封闭在一个金属外壳内的情况外，试验应按额定相数进行，额定电流从母线的一端流向出线端。

如果允许并进行单相试验，流过外壳的电流应为额定电流。

如果对独立的分装进行试验，相邻的分装应承载能够产生相应于额定条件的功率损耗的电流。如果试验不能在实际条件下进行，允许使用加热器或绝热的方式模拟等效条件。

6.5.3 温度和温升的测量

GB/T 11022-1999的6.5.3适用。

6.5.4 周围空气温度

GB/T 11022-1999的6.5.4适用。

6.5.5 辅助和控制设备的温升试验

GB/T 11022-1999的6.5.5适用。

6.5.6 温升试验的解释

GB/T 11022-1999的6.5.6适用，并作如下补充：

对于户外应用，制造厂应证明设备在第2章中选择的使用条件下的温升不会超过可接受的限值。

注： 应考虑到阳光辐射的效应。

6.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

GB/T 11022-1999的6.6适用。

6.6.1 开关设备和试验回路的布置

GB/T 11022-1999的6.6.1不适用。

具有三极外壳的GIS应进行三相试验。具有单极外壳的GIS应进行单相试验且外壳中应有全部的返回电流。

试验应在有代表性的装配上进行，该装配应包括所有的连接方式，螺栓的、焊接的、插入的或者其它连接段以验证连接在一起的GIS元件的完整性。设计的所有元件和分装的样品都应进行试验。试验应在能够提供最严酷条件的结构上进行。

6.6.2 试验电流和持续时间

GB/T 11022-1999的6.6.2适用。

6.6.3 试验期间开关设备和控制设备的性能

GB/T 11022-1999的6.6.3适用。

6.6.4 试验后开关设备和控制设备的状态

GB/T 11022-1999的6.6.4适用。

6.6.101　主回路试验

试验后，主回路电阻的测量结果不应超过试验前主回路电阻测量的20%。外壳内的元件和导体不应出现影响正常运行的变形或损坏。

除了电压互感器隔室中包含的部件外，应认为到电压互感器的短的连接是主回路的一部分。

6.6.102　接地回路试验

制造厂应通过试验或计算来证明接地回路耐受接地系统的额定短时耐受电流和峰值耐受电流的能力。

如果用户要求验证试验，工厂装配的接地回路，包括接地导体、接地连接和接地装置应一起安装在GIS中进行试验，并带有所有可能影响性能或改变短路电流的相关元件。

试验后，外壳内的元件和导体不应出现影响主回路正常运行的变形或损坏。接地导体、接地连接和接地装置的某些变形或劣化是允许的，但是，必须保证接地回路的连续性。

6.7　防护的验证

GB/T 11022-1999的6.7适用。

6.7.1　IP代码的验证

GB/T 11022-1999的6.7.1适用。

6.7.2　机械撞击试验

GB/T 11022-1999的6.7.2适用。

6.8　气体密封性试验和气体状态测量

GB/T 11022-1999的6.8适用，并作如下补充：

气体密封性试验应和6.102和6.106的试验一起进行，包含GIS特征密封件的所有类型的隔室，作为型式试验来证明泄漏率满足5.15.101的要求，且不会受机械和极限温度试验的影响而变化。

6.8.1　气体的可控压力系统

GB/T 11022-1999的6.8.1不适用。

6.8.2　气体的封闭压力系统

GB/T 11022-1999的6.8.2适用。

6.8.3　气体的密封压力系统

GB/T 11022-1999的6.8.3适用。

6.8.4　气体状态测量

应测量充气隔室中的气体状态，并应符合制造厂的技术要求。

6.9　电磁兼容性试验（EMC）

GB/T 11022-1999的6.9适用。

6.10　辅助和控制回路的附加试验

GB/T 11022-1999的6.10适用。

6.101　关合和开断能力的验证

构成GIS主回路一部分的开关装置，应在正常的安装和使用条件下，即它们应和在GIS中正常安装的一样带有所有相关的、其布置可能影响性能的元件，例如，连接、支撑件等按照相关标准进行试验来验证它们的额定短路关合和开断能力。

注：在确定哪些相关元件可能影响性能时，应特别注意短路所引起的机械力，以及破坏性放电的可能性等。已经知道，在某些情况下，此类影响不应被忽略。

6.102　机械和环境试验

GIS中的开关装置应按照它们相关的标准进行机械操作和环境试验，试验应在装有所有可能影响性能的相关元件包括辅助装置的有代表性的总装上进行。所有设备应能耐受开关装置操作引起的应力。

6.102.1　周围温度下的机械操作试验

机械操作试验前后，应按6.8进行气体密封性测量，以证明因机械操作型式试验造成的影响没有改变泄漏率。

作为对GB 1985-2004的附录E的补充，所有装有联锁的开关装置应进行50次操作循环来检查相关联锁的动作。每次操作前，联锁应设定在防止开关装置动作的位置，然后对每一台开关装置进行一次试操作。这些试验期间，仅允许使用正常的操作力且不应对开关装置和联锁进行调整。

6.102.2 开关装置的行程——时间特性测量

应测量开关装置的行程——时间特性曲线，并符合开关装置的技术要求。

6.102.3 高低温试验

应该按照相关的标准进行在最高和最低温度下的操作试验，并作如下补充：

试验循环后，应注意到下述几点：

——外壳中气体的压力；

——24 小时内气体的泄漏。

6.103 外壳的验证试验

如果外壳或其部件的强度没有经过计算，则应进行验证试验。它们应在内部元件装入之前，试验条件基于设计压力的独立的外壳上进行。

根据所采用材料的适用性，验证试验可以是型式试验的压力试验或者非破坏性压力试验。更进一步的资料见参考文献。

6.103.1 型式试验的压力试验

在型式试验的压力试验情况下，压力上升速度不应超过400 kPa/min。

型式试验的压力试验要求应至少如下：

铸铝和铝合金外壳：

——型式试验压力＝[3.5/0.7]×设计压力

注： 数值0.7是考虑了涵盖铸造可能存在的分散性。如果经过专门的材料试验证明，允许将该系数提高到1.0。

焊接的铝外壳和焊接的钢外壳：

——型式试验压力＝[2.3/ν]×（σ_t/σ_a）×设计压力

式中：

ν——焊接效应系数（10%焊接段经过超声波或射线检查时为1；目测检查时为0.75）；

σ_t——试验温度时的允许设计应力；

σ_a——设计温度时的允许设计应力。

这些系数基于所用材料验证过的最低性能。

考虑到制造的方法，可以要求附加的系数。

经过这些压力后仍然保持完好的所有外壳都不能使用。

6.103.2 非破坏性压力试验

在采用应变指示技术的非破坏性压力试验的情况下，应该采用下述程序：

试验前，能够指示5×10^{-5} mm/mm应变的应变仪的传感元件应该附着在外壳的表面，传感元件的数量、位置以及方向的选择应使得在对外壳完整性重要的所有点上的能够确定主要的应变和应力。

水压应以大约10%的步长逐步施加至对应于预期的设计压力（见7.101）的标准试验压力或外壳的任何部分出现明显变形为止。

如果达到任一点，则压力不应进一步升高。

在压力上升期间应读取应变的数值，并在卸载期间重新读取。

如果没有证据表明外壳变形，可以不考虑相关的地方法规中的要求。

如果应变/压力关系曲线是非线性的，可以重复施加压力不应超过五次。直到相应于连续两个循环的加载和卸载曲线本质上一致。如果不能获得一致，应从最后卸载期间获得的相应于应变/压力关系曲线的线性部分的压力范围内选取设计压力和试验压力。

如果在应变/应力关系曲线的线性部分内达到了标准的试验压力，则应认为可以确认预期的设计压力。

如果相应于应变/压力关系的线性部分最终的试验压力或者压力范围低于标准的试验压力，则设计压力应根据下述公式计算：

$$p = \frac{1}{1.1k}(p_y \frac{\sigma_a}{\sigma_t})$$

式中：

p——设计压力；

p_y——存在明显变形时的压力或者在最终卸载阶段相应于应变/压力关系线性部分的外壳最大应变部分的压力范围；

k——标准的试验压力系数（见7.101）；

σ_t——试验温度时许用设计应力；

σ_a——设计温度时许用设计应力。

可以采用非破坏性压力试验的替代程序。

6.104 隔板的压力试验

本试验的目的是为了验证在运行条件下承受压力的隔板的安全裕度。

绝缘子应和维护条件一样安装。压力应以不超过400 kPa/min的速度上升直到出现破裂。

型式试验压力应大于三倍的设计压力。

6.105 内部故障电弧条件下的试验

如果用户要求，制造厂应该验证符合5.103.2性能的证据。证据可以由试验或基于类似布置上进行试验的结果计算组成或者两者的组合。

如果要求此类试验，程序应按照附录B中规定的方法。

燃弧期间施加的短路电流应相应于额定短时耐受电流，或者在中性点绝缘系统中开关设备的某些应用中，它可以是在此系统中出现的接地故障电流。

对于安装在中性点绝缘或谐振接地系统且装有限制内部接地故障持续时间的保护的单相GIS，该试验没有必要。

应进行两项评估。第一项评估是关于在第一段保护（主保护）动作期间设备的性能，第二项评估是关于故障被第二段保护（后备保护）动作排除时的情况。

为了同时验证两项评估，试验的持续时间应至少等于保护的第二段动作的延时。第二段保护动作的最长整定时间在表104中规定。只要它不短于用户规定的第二段保护的动作时间，可以使用更短的试验持续时间。

如果满足表104中规定的性能判据，则认为开关设备是充分的。

6.106 绝缘子试验

绝缘子（隔板和支持绝缘子）的试验应按下述进行：

6.106.1 热性能

每一个绝缘子设计的热性能应该通过五个绝缘子每个进行十个热循环来验证。温度值应按表101选取。

热循环如下：

a） 最低周围空气温度（例如-40 ℃）4 h；

b） 室温 2 h；

c） 按照 GB/T 11022-1999 的表 3 规定的极限温度（例如+105 ℃）4 h；

d） 室温 2 h。

给出的热循环时间是最短时间，在没有达到最终的稳定温度的情况下应予以延长。

试验程序结束后，所有的绝缘子应恢复其设计性能。最低要求是应该能耐受出厂试验。

6.106.2 隔板的密封性试验

过压力耐受试验应按下述规定进行：

设计压力应施加在隔板一侧，同时相邻隔室处于真空状态来验证隔板的密封性。在24 h期间在处于真空状态时的隔室测量漏气率。

试验结束后，不应观察到隔板有损坏。气体密封性试验应按6.8进行。漏气率不应超过5.15中描述的规定值。

6.107 接地连接的腐蚀性试验

对于户外设施，或者用户的要求，应按照本条款进行腐蚀验证试验。

用户应该验证试验过的分装，包括GB/T 11022-1999的5.18中规定的实现电气连续性和外壳接地的装置、附件（压力监控装置、压力释放装置）以及二次系统是否能够代表用户布置。

6.107.1 试验程序

试验过的分装应按照GB/T 2423.17-1993经过环境试验 Ka （盐雾）。试验的持续时间为168 h。

此外，对于油漆的表面，耐受包含二氧化硫的潮湿大气应按照ISO 3231进行试验。

6.107.2 通过试验的判据

试验前后按照6.4.1测量的外壳的接地电阻变化不应超过20%。

试验后，总装的拆卸不应受到影响。如果有，腐蚀的程度应在试验报告中指明。如果是油漆的表面，不应观察到劣化的迹象。

7 出厂试验

对于出厂试验，可以使用符合GB 12022的未用过的SF_6或者符合GB/T 8905的用过的SF_6。见5.2。

出厂试验应在完整的开关设备上进行。根据试验的性质，某些试验可以在元件、运输单元上进行。出厂试验保证产品与进行过型式试验的设备一致。

应进行下述出厂试验：

a） 主回路的绝缘试验；

b） 辅助和控制回路的试验；

c） 主回路电阻的测量；

d） 密封性试验和气体状态检查；

e） 设计和外观检查；

f） 外壳的压力试验；

g） 机械操作试验和开关装置的行程——时间特性测量；

h） 控制机构中辅助回路、设备和联锁的试验；

i） 隔板的压力试验。

7.1 主回路的绝缘试验

7.1.1 主回路的工频电压试验

GB/T 11022-1999的7.1适用，并作如下补充：

GIS的工频电压试验应按照6.2.6.1或6.2.7.1的要求在对地、极间（如果适用）以及分开的开关装置断口间进行。分开的开关装置断口间的电压试验可以在开关装置的一侧进行。出厂试验的耐受电压应是表102和表103的栏（2）中规定的那些数值。

试验应在绝缘用的最低功能压力下进行。

7.1.2　局部放电测量

进行局部放电测量来探测可能存在的材料缺陷和制造缺陷。

局部放电测量应按照6.2.9进行。

局部放电测量应在机械出厂试验后和绝缘试验一起进行。

试验应对变电站的所有元件实施。可以对完整的设施、如果适用，或者对运输单元或者对独立的元件进行。对于不包含固体绝缘的简单元件可以免除该试验。

7.2　辅助和控制回路的试验

GB/T 11022-1999的7.2适用。

7.3　主回路电阻的测量

GB/T 11022-1999的7.3适用，并作如下补充：

总的测量可以在工厂的分装或运输单元上实施。总的测量应该以这样的方式进行：使得现场安装后、设施维护或维修期间的测量能够进行对比。

7.4　密封性试验和气体状态检查

GB/T 11022-1999的7.4适用，并作如下补充：

可以采用检漏装置进行泄漏探测。检漏装置的灵敏度至少应为10^{-2} Pa cm^3/s。如果检漏装置探测到了泄漏，则该泄漏应采用GB/T 11023中规定的包扎法进行定量测量。

应测量充气隔室中的气体状态，并应符合制造厂的技术要求。

7.5　设计和外观检查

GB/T 11022-1999的7.5适用。

7.101　外壳的压力试验

加工完成后外壳应进行压力试验。

标准的试验压力应是k倍的设计压力，这里系数k等于

——1.3，对于焊接的铝外壳和焊接的钢外壳；

——2，对于铸造的铝外壳和铝合金外壳

试验压力至少应维持1 min。

试验期间不应出现破裂或永久变形。

7.102　机械操作试验

进行操作试验是为了保证开关装置满足规定的操作条件且机械联锁工作正常。

GIS的开关装置应该按照它们相关的标准进行机械出厂试验。机械出厂试验可在运输单元完成总装前或后进行。

此外，装有机械联锁的所有开关装置应进行五次操作循环以检查相应联锁的动作。每次操作前，应按6.102的规定对每个开关装置进行一次试操作。

这些试验期间，主回路中应无电压或电流，尤其应该验证开关装置在它们操动机构的电源电压和压力规定的限值范围内能够正确地合闸和分闸。

应测量开关装置的行程——时间特性曲线，并符合开关装置的技术要求。

7.103　控制机构中辅助回路、设备和联锁的试验

所有的辅助设备或者通过功能操作或者通过接线连续性验证进行试验。继电器或传感器的整定应予以检查。

电气的、气动的以及其它联锁与具有预期的动作顺序的控制装置一起在预定的使用和操作条件下且采用最不利的辅助电源限值连续进行五次试验。试验期间不允许调整。

如果辅助装置动作正确，并在试验后处于良好的工作状态且开关装置的操作力在试验前后基本相同，则认为试验是满意的。

7.104 隔板的压力试验

每个隔板应承受两倍设计压力的压力试验1 min。

对于压力试验，隔板应和使用中完全相同的方式固定。

隔板不应表现出任何过应力或泄漏的迹象。

8 开关设备和控制设备选用导则

见列于参考文献中的CIGRE 125。

9 随询问单、标书和订单提供的资料

本章的目的是规定能够使用户对GIS进行适当的询问和能够使供应方给出标书所需的充分的资料。

此外，它能够使用户对不同的供应方提供的资料进行比较和评估。

注： 供应方可以是制造厂或者合同方。

附录E用表格的形式规定了用户和供应方之间需要交换的技术资料。

9.101 询问单和订单的资料

作为对附录E给出的技术资料的补充，下述细节也应由用户提供：

a) 所有设备和使用的电源的范围。这可能包括培训、技术和方案研究及与供应方的合作要求；

b) 特殊的联锁要求；

c) 可能影响标书或订单的每个条件，例如，特殊的安装或固定条件，外部高压连接线的位置或者压力容器的规程均应给出说明。

9.102 标书的资料

作为对附录E给出的技术资料的补充，下述细节也应由供应方提供：

a) 结构特征：

1) 外部连接的布置，如果有要求时，包括未来扩建的措施；

2) 用户需要采用的运输方法；

3) 用户需要采用的安装方法。

b) 关于运行和维护的资料；

c) 作为对型式试验报告清单（见E.4）的补充，可能要求报告的首页包含结果。如有特殊要求，制造厂应提供完整的型式试验报告。

10 运输、储存、安装、运行和维护

GB/T 11022-1999的第10章适用。

10.1 运输、储存和安装的条件

GB/T 11022-1999的10.1适用。

10.2 安装

GB/T 11022-1999的10.2适用。

10.2.101 现场安装后的试验

安装后，在投运前，为了检查正确动作和设备绝缘的完整性应对GIS进行试验。

这些试验和验证包括：	条款号
a）主回路的绝缘试验	10.2.101.1
b）辅助回路的绝缘试验	10.2.101.2
c）主回路电阻的测量	10.2.101.3
d）气体密封性试验	10.2.101.4

e）检查和验证 10.2.101.5

f）气体质量验证 10.2.101.6

为了保证最小的干扰，以及降低湿气和灰尘进入外壳而妨碍开关设备正确动作的风险，气体绝缘金属封闭开关设备在运行期间不规定或推荐关于外壳的定期检查或压力试验。无论如何，应参考制造厂的说明书。

制造厂和用户应就现场的交接试验计划达成协议。

10.2.101.1 主回路的绝缘试验

10.2.101.1.1 概述

由于主回路的绝缘试验对GIS非常重要，为了消除可能在未来导致内部故障的潜在原因（错误的紧固、处理、运输、储存和安装期间的损坏、外部物体的进入等），应检查绝缘的完好性。

由于不同的目的，这些试验不应取代型式试验和在工厂对运输单元进行的出厂试验。它们是对绝缘出厂试验的补充，目的是为了检查完整设施的绝缘完好性且探测上述的异常情况。如果是新安装的GIS，绝缘试验通常应在GIS完全安装并充有额定充入密度气体的所有现场试验后进行。也推荐在隔室经过维护或调节的主要拆卸后进行此类绝缘试验。应通过为了获取投运前设备的电气状态而逐步升高的电压来区别这些试验。

此类现场试验的实施并不总是可行的且可以接受与标准试验的偏差。这些试验的目的是送电前的最终检查。选择的试验程序不会伤及GIS的健全部件是至关重要的。

对每个独立的情况选择适当的试验方法时，站在可行性和经济性的立场，可能需要一份特殊的协议，例如可能需要考虑试验设备的电源功率、尺寸和重量要求。

现场绝缘试验的详细要求应在制造厂和用户之间达成协议。

10.2.101.1.2 试验程序

GIS应安装完好并充有额定充入压力的气体。

由于某些元件具有较高的充电电流，或者对电压的限制，试验时，某些部件可以隔离，例如：

——高压电缆和架空线路；

——电力变压器和某些电压互感器；

——避雷器和火花保护间隙。

注1：在确定哪些部件可以隔离时，应注意到试验完成后的重新连接可能会引入故障。

注2：如果能防止电压互感器饱和，试验时电压互感器可以保持连接，例如采用设计用于试验电压的互感器，或者进行工频试验的频率不会出现饱和。

GIS每一个新安装的部件都应进行现场绝缘试验。

通常，在扩展的情况下，除非采取了特别措施防止扩建部分的破坏性放电影响已有GIS的带电部件，GIS相邻的已有部分在绝缘试验期间应停电并接地。

主要部件修理或维护后或扩建部分安装后可能需要施加试验电压。为了试验所有涉及到的部分，试验电压可能需要施加在已有的部分。在这些情况下，应该采用和新安装的GIS相同的程序。

10.2.101.1.3 绝缘试验程序

可以选择下述试验程序之一：

程序A（推荐对于126 kV及以下）

按表107栏（2）规定的数值进行工频电压试验并持续1 min。

程序B（推荐对于252 kV及以上）

——按表107栏（2）规定的数值进行工频电压试验并持续1 min，并

——按照表106进行局部放电测量，但是预加电压$U_{pre-stress}=U_{ds}$（表107的栏（2））。

由于该测量有助于确定经过一段时间运行后设备是否需要维护，推荐在$U_r/\sqrt{3}$时测量局部放电。

关于局部放电测量的实际应用，见附录C。

程序C（推荐对于252 kV及以上，程序B的替代）

——按表 107 栏（2）规定的数值进行工频电压试验并持续 1 min，并

——按照表 107 栏（3）规定的数值对每一极性进行三次雷电冲击电压试验。

10.2.101.1.4 试验电压

考虑到：

——运输单元已经过出厂试验；

——完整设施的破坏性放电的概率高于单个功能单元；

——正确安装的设备中的破坏性放电应予以避免。

现场绝缘试验的试验电压应如表107所示。

表 107 现场试验电压

设备的额定电压 U_r kV（有效值）	现场短时工频耐受电压 U_{ds} kV(有效值)	现场雷电冲击耐受电压 U_{ps} kV(峰值)
(1)	(2)(见注1)	（3）
72.5	120	260
126	200	460
252	380	840
363	425	940
550	560	1 240
800	760	1 680
1100	880	1 920

注 1：栏（2）中的数值仅适用于SF_6绝缘或者SF_6是混合气体的主要部分。对于其它绝缘见GB/T 11022-1999的表1和表2，对栏（2）中的数值施加系数0.8。

注 2：现场试验电压是根据下面公式计算的：

U_{ds}（现场试验值）=U_p ×0.45×0.8（栏2）

U_{ps}（现场试验值）=U_p ×0.8（栏3）

所有的数值圆整到下一个模为5 kV的更高值。

注 3：如果规定了不同于表102和表103中优选值的其它绝缘水平（例如GB/T 11022-1999的表1和表2中的较低的绝缘水平），现场试验电压应按注2计算。

在某些情况下，由于技术和实际方面的原因，现场绝缘试验可以用降低的电压进行。附录C.3中给出了详细情况。

10.2.101.1.5 电压波形

为了选择适当的电压波形，应考虑到GB/T 16927.1。但是，类似的波形也是允许的。不存在满足所有要求的理想波形。允许的偏差如下所示。关于试验电压的产生的资料在附录C.1中给出。

a）工频电压试验

工频电压试验对探测污秽（例如自由移动的导电粒子）特别敏感，并且在大多数情况下足以探测异常的电场结构。

现有的经验是试验频率从10 Hz到300 Hz。

b）冲击电压试验

1）雷电冲击电压试验对于探测异常的电场结构（例如损坏的电极）特别敏感。

根据已有的经验，雷电冲击电压的波前时间延长至 8 μs 是可以接受的。如果采用振荡雷电冲击电压，波前时间可以延长至约 15 μs。

注： 应考虑到大型设施中陡波前的反射。

2）利用相对简单的试验设备进行的操作冲击电压试验，特别对于较高的U_r可以用来探测是否存在污秽以及异常的电场结构。

根据现有的经验，间歇性或者振荡波形且到达峰值的时间在 150 μs 到 10 ms 范围的操作冲击是合适的。

c）直流电压试验

不推荐直流电压试验。现有的电缆试验要求不适用于GIS（见5.107.1）。

10.2.101.1.6　电压的施加

试验电压源可以和被试相导体的任何方便的点相连。

由于至少下述一个原因，通过打开断路器和/或隔离开关可以方便地将整个GIS分成几段：

——限制试验电压源的容性负载；

——便于确定破坏性放电的位置；

——如果出现破坏性放电，限制放电能量。

在这种情况下被断路器或隔离开关与受试段隔开的非受试段应接地。除非出厂试验后拆开，打开的开关装置断口间不需要进行现场绝缘试验。

对于三极封闭的GIS，规定的试验电压应施加在每极导体和外壳间，一次一极，其它极的导体应与接地的外壳相连。极导体之间的绝缘不应耐受其它单独的现场绝缘试验。

10.2.101.1.7　试验的评估

如果每段均耐受了规定的试验电压而没有出现破坏性放电，则认为开关设备通过了试验。

在现场绝缘试验期间出现了破坏性放电，试验应重复进行。

重复性试验的导则在C.6中给出。如果采用程序B且按照符合GB/T 7354的传统方法测量局部放电，最大允许的局部放电量为10 pC。

注 1：在现场可能很难拥有5 pC以下的背景噪音。需要特别关照试验回路以获得良好的测量。如果噪音高于5 pC，试验对探测主要的缺陷仍然有效，但是，不适合于探测固定的导电粒子，因为该类缺陷会引起非常低水平的局部放电且完全被噪音所笼罩。在此情况下，如果探测到没有高于背景噪音的的破坏性放电，试验是可以接受的。

注 2：如果采用了VHF/UHF或者声学法测量局部放电，校准是不可能的。替代的，可按C.7.5进行灵敏度检查。

10.2.101.2　辅助回路的绝缘试验

GB/T 11022-1999的7.2适用，并作如下补充：

绝缘试验应对新的接线实施。如果接线已经取掉或者回路中包含有电子装置，这些回路不必进行试验。

10.2.101.3　主回路电阻测量

在尽可能与运输单元进行的那些出厂试验类似的条件下，对完整的设施进行总体测量。

考虑到两种试验布置的差异（装置、触头和连接的数量，导体长度等），测得的电阻不应超过运输单元上进行的出厂试验的最大允许值（见7.3）。

10.2.101.4　气体密封性试验

GB/T 11022-1999的7.4也适用于现场的气体密封性试验。

应对现场进行装配的所有连接进行定性的气体密封性试验。可以使用泄漏探测器。

10.2.101.5 检查和验证

应进行以下验证：

a) 按照制造厂的图样和说明书装配的符合性；

b) 所有管道连接的密封以及螺栓和连接的紧密性；

c) 按照图样接线的符合性；

d) 电气的、气动的以及其它联锁的正常功能；

e) 包括加热和照明在内的控制、测量、保护和调节设备的正常功能。

应按照相关的标准进行机械操作检查和试验。如果没有规定验证，制造厂应在交接试验计划中规定。

10.2.101.6 气体质量验证

为了获得可靠的测量结果，水分含量应在最终充入气体至少五天后进行检查。SF_6水分含量不应超过GB/T 11022-1999的5.2中确定的限值。

运行期间气体状态的检查，见GB/T 8905。

对于处理规定，见IEC 61634。

注：注意在抽样和/或检查（例如，通过收集袋或安装在用于确定水分含量的检查装置输出阀上的收集器）期间应使得释放到大气中的气体最少。

10.3 运行

GB/T 11022-1999的10.3适用。

10.4 维护

GB/T 11022-1999的10.4适用。

11 安全性

GB/T 11022-1999的第11章适用。

12 环境方面

制造厂应规定关于设备在使用寿命期间运行与环境方面关系的信息。GB/T 11022-1999的10.4.1a）的项2）适用。

制造厂应给出设备的不同元件在拆卸和寿命终了有关程序的说明（成分、重量、毒性等）。GB/T 11022-1999的10.4.1a）的项10）适用。

附　录　A
（规范性附录）
范围Ⅱ三极封闭的GIS的绝缘试验的试验程序

A.1　三极在一个GIS外壳内的绝缘试验程序

如果要求的极对地和极间的绝缘水平不同，按照GB/T 11022的试验要求应重新予以考虑。这仅适用于范围Ⅱ的操作冲击试验。

A.2　试验要求的施加

为了完全满足所进行的试验，表A.101列出了与外壳、打开的开关装置和相间有关的试验条件。表中的符号与GB/T 11022-1999（图2）相同。

优选的方法是采用联合电压试验。要求的电压水平可以通过与同一个电压控制器连接的相位相反的两个电源提供。

表 A.101 252 kV以上的操作冲击试验条件

试验条件	开关装置	操作冲击	工频交流电压	地连接到
极间试验		极间U_s（表103的栏5）的主要部分施加于	达到极间U_s（表103的栏5）的补充部分施加于	
1	合闸	Aa	BbCc	F
2	合闸	Bb	AaCc	F
3	合闸	Cc	AaBb	F
4	分闸	A	BC	abcF
5	分闸	B	AC	abcF
6	分闸	C	AB	abcF
7	分闸	a	bc	ABCF
8	分闸	b	ac	ABCF
9	分闸	c	ab	ABCF
注：　如果两个边极相对于外壳和中间极是对称的，试验条件3、6和9可以免去。				

对于开合功能和隔离功能，在分闸状态应采用表103中相应的数值。

附　录　B
（规范性附录）
内部故障电弧条件下气体绝缘金属封闭开关设备的试验方法

B.1　简介

由于内部故障在GIS内出现电弧伴随着各种各样的物理现象。例如，因外壳内电弧的发展产生的能量会引起内部过压力和局部过热，导致开关设备机械的和热的应力。而且，所涉及到的材料可产生可能释放到大气中的热分解物。

本附录考虑了作用在外壳上的内部过压力以及电弧或其弧根对外壳的热效应。没有包括可能造成危险的所有效应，例如毒性气体。

B.2　短路电流电弧试验

B.2.1　试验布置

选择受试产品时，应当参考GIS的设计文件。应该选择在电弧情况下耐受压力和温升可能最差的隔室。

在任何情况下，应关注以下几点：

a）需要进行的每一试验均应在事先没有承受过电弧试验的试品上进行。进行过电弧试验的试品应恢复到使再进行电弧试验的条件既不加重也不减轻。

b）试品应完全装配和布置以包括所有的保护装置，例如制造厂为了限制电弧效应提供的压力释放装置和短路装置等。

如果具有相同的容积和外部材料且在电弧耐受方面和原件具有相同的反应，则允许使用“制造模型”。

c）试品应充有额定充入密度的正常绝缘气体。

B.2.2　施加的电流和电压

单极外壳应进行单相试验，三极共外壳应进行三相试验。

B.2.2.1　电压

如果满足下述条件，试验可以在外施电压小于试品的额定电压的情况下进行：

a）实际的电弧电流是正弦的；

b）电弧不应过早熄灭。

B.2.2.2　电流

a）交流分量

试验开始的交流分量应在+10%允差内。如果平均的交流分量不小于规定的短路电流，在第一段保护时间内，允差应为±10%；在第二段保护时间内，电流不应降到规定值的80%以下。

注：如果试验站做不到这一点，试验持续时间可以延长不超过适当调节的需要评估的时间的20%。

b）直流分量

选择的关合瞬间应保证电弧电流的第一个半波的峰值至少为规定的交流分量有效值的1.7倍。对于三相试验，该要求至少在一相上实现。

B.2.2.3　频率

对于额定频率为50 Hz或60 Hz，试验开始时的频率应在48 Hz和62 Hz之间。

B.2.2.4　试验的持续时间

由保护装置确定的预期持续时间的基础上选择的电流持续时间应能涵盖第二段保护。见表104。

B.2.3　试验程序

B.2.3.1　试验连接

选择的电流馈入点应是最可能导致最严酷条件的点。

应注意保证连接不会使试验条件更轻松。通常，外壳应在试品的馈电侧的同一侧接地。

B.2.3.2　电弧的引燃

电弧应通过适当直径的金属线引燃。

电弧引燃点的选择是在外壳内最可能建立起额定应力的点。通常，这可以通过电弧在远离电流馈入点以及如果装有的话，在远离压力释放装置的隔板附近引燃来获得。

注： 电弧不应通过在固体绝缘上打孔来引燃。

B.2.3.3　试验性能的测量和记录

下述参数应予以描绘和记录：

——电流及其持续时间；

——电弧电压；

——试品的一点或多点上、以及每个隔室中的压力，如果试品包括多个隔室；以及，如果适用，

——压力释放（或者通过压力释放装置的动作或者外壳烧穿）的瞬间。

应通过适当的方法，例如摄象机，发光体探测器观察和记录如压力释放、外壳烧穿等现象及外部效应。

B.2.4　试验的评估

试验期间，如果在5.102.2规定的时间内没有出现适当的压力释放装置动作以外的外部效应，且如果逸出的压力气体或蒸汽朝向使得正在履行其正常运行职责的运行人员危害最小，就认为开关设备通过了试验。

按照表104，在第二段保护内没有产生碎片。

B.2.5　试验报告

试验报告中应给出下列信息：

——试品的额定值和描述，外壳和导体的材料以及说明主要尺寸和压力释放装置布置的图样；

——试验连接的布置，电弧的引燃点以及压力测量传感器的位置；

——从示波图上导出的电流、电压、能量、压力和时间；

——试验结果和观察的准确描述；

——其它相关注解；

——试验前后状态的照片。

B.2.6　试验结果的扩展

为了把试验结果扩展到类似设计但不同尺寸及形状和/或其它试验参数的其它外壳，计算方法可以在用户和制造厂之间达成协议。

B.3　计算和独立试验的组合验证

制造厂有责任证明试验结果对其它电流和外壳的其它尺寸延伸的有效性。制造厂应该提供计算所需的所有资料。

附　录　C
（规范性附录）
有关现场试验技术的和实际要考虑的事项

C.1　试验电压发生器

GIS设施的负载电容相对较高。这意味着：

——工频电压试验，尤其对较高的U_r，需要高的无功功率；

——由于冲击发生器低的电压利用率，用标准的双指数波形的冲击电压试验可能是低效率的。

可以采用下述电压发生设备：

a)　工频电压源

工频电压可以通过下述方法产生：

1）试验变压器；

2）具有恒定频率的可变化谐振电抗器；

3）具有变频的、恒定的谐振电抗器；

4）从试验后无须拆除的电力变压器或电压互感器低压侧励磁。

注：尤其在采用电压互感器时，应考虑电压源的热应力。

b)　冲击电压源

对于大型设备，而且尤其是高电压的设备，双指数波的冲击电压发生器是笨重的。利用冲击电压发生器和连接到受试开关设备的高压线圈组成阻尼的串联谐振回路可以产生振荡的冲击。振荡操作冲击可以通过电容器向电力变压器、电压互感器或试验变压器的低压侧放电获得。

C.2　放电定位

放电引起的不同现象可能有助于放电定位。可用来一试的几种方法如下：

——光发射的探测；

——可听噪声和振动的测量；

——放电后的电磁瞬态的记录和评估；

——气体分解物的探测。

C.3　特殊试验程序

通常，推荐所有的试验都应在规定的试验电压和额定充入密度下进行。但是，在某些情况下，还需要建立特殊的试验程序，它不是通用的，但是，由于技术和/或实际方面的原因还是值得提及。

对于扩建（见5.107.4），用户应对已有GIS中的所有闪络负责，扩建设备的制造厂对扩建设备中的所有闪络负责。

C.3.1　降低电压下的试验

C.3.1.1　不拆卸运输单元的简化方法

按照一些国家的实践，气体绝缘金属封闭开关设备或者至少一个间隔或GIS的等效部分可以在工厂完全装配，并在其全部额定耐受电压下试验。如果试验过的单元不拆卸运输或者拆卸仅限于非常简单的连接，根据制造厂和用户之间的协议，现场试验可以降低到：

对于中性点接地系统，交流电压试验的电压为$1.1\times U_r/\sqrt{3}$；对于中性点绝缘或谐振接地系统为$1.9\times U_r/\sqrt{3}$；电压施加时间为10 min。

C.3.1.2　实际需要的偏差

在某些情况下，由于技术和实际方面的原因，根据用户和制造厂之间的协议，交流电压试验可以用降低的电压和延长的持续时间来进行。

C.3.1.3　运行电压的施加

在某些情况下，在现场进行绝缘试验是不可行的。在这种情况下，应对装卸、运输、储存采取特别的措施，尤其应注意现场的工作间。受试的GIS的运行电压应通过尽可能大的阻抗施加以减小可能出现的破坏性放电造成的损坏。试验持续时间至少应为30 min。

C.3.2　降低气体密度下的试验

降低气体密度下的试验通常是不可取的。

C.4　局部放电测量

局部放电测量有助于探测现场试验期间的某类故障，也有助于确定经过一段时间运行后设备是否需要维护。因此，它是现场进行的绝缘试验的一个有用的补充，但是，由于环境的干扰通常难以实施。

如果该试验是可行的且经过协商，则应尽可能按照10.2.101.1.5中给出的要求实施。

C.5　电气调整

术语“电气调整”意思为交流电压或者分步或者连续的逐步施加。它可以由制造厂作为现场充气过程的一部分实施，以便把可能存在的粒子移向低电场强度的区域，此处它们是无害的。

除非试验电压提高到规定值，电气调整不是要求且不能替代交流电压试验。然而，破坏性放电应向用户报告，因为它可能导致绝缘弱化。

C.6　重复性试验

C.6.1　概述

现场绝缘试验期间的破坏性放电后补充的程序取决于下述因素：

——如果能够确定，破坏性放电的类型（自恢复或非自恢复绝缘的击穿）；

——放电期间释放的电弧能量的大小；

——固体绝缘的材料和形状；

——设施的重要性。

考虑到这些和其它相关的因素应允许在制造厂和用户之间确定一个程序并达成协议。下面给出的推荐程序仅应作为导则对待。根据所涉及的因素的重要性，偏差是可以接受的。

C.6.2　推荐的程序

C.6.2.1　程序a）

如果沿着固体绝缘的表面出现破坏性放电，推荐在可行的场合应打开隔室并仔细检查损伤的绝缘。在采取任何补救行为之后，隔室应该再次承受规定的绝缘试验。

C.6.2.2　程序b）

气体中的破坏性放电可能由于污染或表面有可以被放电期间的电弧烧掉的缺陷。因此，可以接受在规定的试验电压下重复试验。现场试验开始前，另一个试验电压可在用户和制造厂之间达成协议。

注 1：假定制造厂能够使用户确信由于放电中电弧能量的消散而认为气体绝缘是自恢复绝缘。

注 2：现场绝缘试验期间出现破坏性放电的情况下，试验段的其它部件可能出现二次放电。

如果重复性试验失败，应再次执行程序a）。

C.7　局部放电探测方法

C.7.1　概述

对于现场的局部放电探测，除了符合GB/T 7354的传统方法以外，电气的VHF/UHF和声学法可以用于GIS。这两种方法比传统的测量对噪音缺乏敏感性，而且可用于局部放电的在线监测。但是，对于这两

种新方法，灵敏度取决于缺陷（信号源）和传感器之间的距离。对于采用VHF/UHF和声学法的适当程序可以获得。它们保证缺陷引起的几个pC的明显放电可以通过此类设备发现。提出的灵敏度验证易于在现场实施。两种另外的方法的优点是能够探测到缺陷的位置。方法和结果的解释仅供具有经验的人员使用。这些方法仍处于研究中且尚未标准化。

C.7.2 符合GB/T 7354的传统方法

来自无线发射机以及其它信号源的电磁干扰被敞开于空气中的套管捕捉，并导致PD测量的灵敏度在10 pC数量级。对于噪音反射，模拟和数字滤波法可以获得。然而，此类滤波工具的使用要求经过培训的人员且仅限于本程序。在实际的现场条件下，很难达到小于5 pC的噪音水平。因此，具有屏蔽的耦合电容器的全部封闭的试验回路直接和GIS连接是优选的。在这种情况下，对于具有电缆终端的GIS以及通过打开的隔离开关与敞开空气中的套管隔离的GIS段，可以获得小于5 pC的灵敏度。

C.7.3 VHF/UHF法

在GIS缺陷处的放电电流的上升时间可小于100 ps。这些缺陷引起的电磁瞬态包含频率达到2 GHz以上。产生的信号在GIS内以光速作为TEM-、TE-和TM-波的形式传播。在布置内的大量不连续点出现反射。由于金属导体有限的电导率以及介质表面的损耗，传播的信号是衰减的。结果是每个隔室内电磁波的复杂的谐振模式。

在VHF/UHF范围（例如，100 MHz-2 GHz）的局部放电信号可通过通常和电容耦合器类似设计的耦合器在时域或频域探测到。由于VHF/UHF信号衰减的结果，很多耦合器必须装在GIS内。两个相邻的耦合器之间的最大距离大约几十米。VHF/UHF信号最好取自内部耦合器，但是，如果不可获得，在观察窗或衬套上使用外部耦合器有时也是可行的。

由于谐振模式的复杂性，探测到的PD信号的幅值主要取决于缺陷和耦合器的位置，很小程度地取决于它们的的方向。因此，VHF/UHF法不能予以校准，正如在GB/T 7354的测量回路所示的例子。取而代之，可以进行C.7.5中的灵敏度检查。

VHF/UHF测量装置的信噪比和最终的灵敏度可以通过采用合适的耦合器、放大器和滤波器来改善。已经证明VHF/UHF法在探测缺陷方面和传统方法至少一样灵敏，且主要是因为低的外部噪音水平。实验室和现场试验表明可以探测到小的关键性缺陷以及甚至非关键性缺陷。

缺陷的准确位置可以采用宽带示波器测量信号到达相邻耦合器的时间间隔来获得。

C.7.4 声学法

声学信号（机械波）从GIS中的缺陷发射有两个主要机理：运动粒子碰撞外壳时激发的机械波；固定缺陷上的放电在气体中产生压力波，然后传到外壳。由此产生的信号取决于信号源及传播路径。由于外壳通常由铝或钢制造，信号的衰减非常小。但是，当信号跨越法兰从一个部分传向另一部分时，就会有能量损耗。声学信号可以通过外部安装的传感器捕捉。通常，可使用加速度传感器或声音发射传感器，试验程序包括所有法兰之间的测量。

缺陷的位置可以通过找寻具有最高幅值的声音信号或测量两个传感器的传播时间来发现。通过分析声信号的形态可能把不同的缺陷分开。

来自弹跳粒子的信号是宽带（即大于1 MHz）且具有与固定缺陷处的预击穿发出的信号相比具有较高的幅值。由于粒子从发源点移开，粒子型信号将被空间衰减。通常，对于此类缺陷，声信号的两个重要参数为：幅值和飞行时间（这是粒子的两个连续碰撞之间的时间）。这些参数不仅对缺陷类型识别重要，而且还对风险评估重要。

来自靠近电源的凸出物的预击穿信号的频带非常宽，但是，由于气体起到了低通滤波器的作用，信号从源头向外壳传播使得高频被抑制。通常，从预击穿源探测到的信号限制到频率范围小于100 kHz。发现在同一段内的信号水平相当稳定，且经过一个法兰降低约8 dB。

弹跳粒子产生的在5 pC范围的明显放电可以探测到具有高的信噪比。电晕放电的探测极限是在2 pC范围。因为声信号在GIS内传播而被吸收和抑制，灵敏度随着距离而降低。但是，在明显的局部放电水平和声信号水平之间没有建立起直接的对应关系。声信号测量不受变电站内电磁干扰的影响。如果传感

器置于缺陷附近，弹跳粒子的声信号灵敏度通常远远高于任何其它诊断方法的灵敏度。因此，对于探测此类缺陷的位置，声学法是一个好方法。

C.7.5　声学法和VHF/UHF法的灵敏度验证

对于声学法和VHF/UHF法，探测的局部放电灵敏度验证采用了相同技术原理。首先，确定人工声或电气脉冲，它发出的信号类似于实际缺陷引起的、符合GB/T 7354的明显电荷（例如5 pC或更高）的确定水平。其次，该人工信号在交接试验或运行期间注入到GIS来验证对GIS和相关的测量设备的探测灵敏度。如果在相邻的传感器测到了刺激性的信号，则这些传感器间的灵敏度对于GIS段的验证成功。

附 录 D
（资料性附录）
内部故障相关的计算

D.1 内部故障引起的压力升高的计算

充有SF_6气体的封闭隔室中因内部故障造成的压力升高可按下式（D.1）计算：

$$\Delta p = C_{equipment} \times \frac{I_{arc} \times t_{arc}}{V_{compartment}} \qquad (D.1)$$

式中：

Δp——压力升高（MPa）；

I_{arc}——故障电弧电流（kA，有效值）

$V_{compartment}$——隔室的容积（l）；

t_{arc}——电弧持续时间（s）；

$C_{equipment}$——设备系数。

设备系数C的数值应该由制造厂通过类似设备的试验来验证。

公式D.1可以用来验证没有压力释放装置的充气隔室中在内部故障情况下外壳的压力不超过型式试验的压力。这是通过最大电弧电流和电弧持续时间（基于保护系统的性能）引起的不超过外壳的型式试验压力的压力升高来验证的。

附　录　E
（资料性附录）
询问单、标书和订单需给出的资料

E.1　简介

附录E以表格的形式确定了用户和供应方需要交换的技术资料。

注：“供应方的信息”意味着仅供应方需要提供这些资料。

E.2　正常和特殊使用条件

见第2章。

		用户的要求（见表101）	供应方的提议
运行条件	户内或户外		
周围空气温度： 最低 最高	 ℃ ℃		
太阳辐射	W/m^2		
海拔	M		
污秽	级		
覆冰	Mm		
风	m/s		
湿度	%		
凝露或凝结			
震动	级		
二次系统中感应的电磁干扰	KV		

E.3　额定值

见第4章。

		用户的要求	供应方的提议
系统标称电压	KV		
系统的额定电压	KV		
设备的额定电压（U_r）	KV		
极对地和极间的额定绝缘水平 额定短时工频耐受电压（U_d）	 kV		

额定操作冲击耐受电压（U_s） 极对地 极间 额定雷电冲击耐受电压（U_p）	kV kV kV kV		
额定频率（f_r）	Hz		
额定电流（I_r）	A	根据单个线路	
额定短时耐受电流（I_k）	KA		
额定峰值耐受电流（I_p）	KA		
额定短路持续时间（t_k）	S		
合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压（U_a）	V		
合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率	Hz	DC或50	
中性点接地	直接或非直接		

E.4　设计与结构

见第5章。

		用户的要求	供应方的提议
极数			
单极或三极设计			
最大SF6泄漏率	%/年		
额定充入压力 p_r 断路器 其它隔室	 MPa MPa	 供应方的信息 供应方的信息	
报警压力 p_a 断路器 其它隔室	 MPa MPa	 供应方的信息 供应方的信息	

最低功能压力 p_m 断路器 其它隔室	 MPa MPa	 供应方的信息 供应方的信息	
外壳设计压力 断路器 其它隔室	 MPa MPa	 供应方的信息 供应方的信息	
外壳的型式试验压力 断路器 其它隔室	 MPa MPa	 供应方的信息 供应方的信息	
外壳的出厂试验压力 断路器 其它隔室	 MPa MPa	 供应方的信息 供应方的信息	
压力释放装置的动作压力 断路器 其它隔室	 MPa MPa	 供应方的信息 供应方的信息	
内部故障的短路电流	kA		
在充入压力下整个GIS的SF_6气体质量	kg	供应方的信息	
在充入压力下最大隔室的SF_6气体质量	kg	供应方的信息	
最大允许气体露点	℃	供应方的信息	
气体隔室的数量		供应方的信息	
最长运输段的长度	m		
现场安装期间需要搬运的设备的最重部件的重量	kg		

E.5　母线管

		用户的要求	供应方的提议
电感	H/m	供应方的信息	
电容	pF/m	供应方的信息	
在频率 f_r 时外壳的电阻	Ω/m	供应方的信息	
在频率 f_r 时导体的电阻	Ω/m	供应方的信息	

波阻抗	Ω	供应方的信息	

E.6 断路器

GB 1984-2003的第9章适用。

E.7 隔离开关和接地开关

GB 1985-2004的第9章适用。

E.8 套管

GB/T 4109适用，并作如下补充：

户外油浸式套管（见GB/T 4109-1999的3.15）		用户的要求	供应方的提议
内部绝缘类型		气体绝缘或树脂浸渍纸质	
外绝缘类型		瓷的或复合的	
标称爬电比距	mm/kV		
绝缘子伞裙形状		普通的或变化的	
额定短时工频耐受电压（U_d）	kV	如GIS或者特殊的	
额定操作冲击耐受电压（U_s）	kV	如GIS或者特殊的	
额定雷电冲击耐受电压（U_p）	kV	如GIS或者特殊的	
悬臂试验负载	N		
悬臂运行负载	N		
线路端子类型		根据图样	

E.9 电缆连接

GB ××××-200×的第7章（IEC 60859的第9章）适用，并作如下补充：

		用户的要求	供应方的提议
电缆类型		充流体的或干式	

E.10 变压器连接

GB ××××-200×的第7章（IEC 61639的第9章）适用，并作如下补充：

		用户的要求	供应方的提议
变压器箱体和GIS外壳间的绝缘连接		是或否	

E.11 电流互感器

GB 1207-1997的10.2适用，并作如下补充：

		用户的要求	供应方的提议
电流互感器的位置		根据单个线路	
线圈的数量和类型		根据单个线路	

E.12 电压互感器

GB/T 1208-1997的11.1适用，并作如下补充：

		用户的要求	供应方的提议
电压互感器的位置		根据单个线路	
二次线圈的数量和类型		根据单个线路	
现场试验电压	kV/Hz	供应方的信息	

E.13 询问单和标书的资料

GB/T 11022-1999的10.2适用，并作如下补充：

		用户的要求	供应方的提议
单线图			
变电站布置的总的布置图			
基础载荷		供应方的信息	
气体原理图		供应方的信息	
型式试验报告清单		供应方的信息	
推荐的备品备件清单		供应方的信息	

参考文献

[1] CIGRE 125:1998, User guide for the application of gas-insulated switchgear(GIS) for rated voltages of 72.5kV and above
[2] EN 50052:1986, Cast Aluminium Alloy Enclosures For Gas-Filled High-Voltage Switchgear And Controlgear
[3] EN 50064:1990, Wrought Aluminium And Aluminium Alloy Enclosures For Gas-Filled High-Voltage Switchgear And Controlgear
[4] EN 50068:1991, Wrought Steel Enclosures For Gas-Filled High-Voltage Switchgear And Controlgear
[5] EN 50069:1991, Welded Composite Enclosures Of Cast And Wrought Aluminium Alloys For Gas-Filled High-Voltage Switchgear And Controlgear
[6] EN 50089:1992, Cast Resin Partitions For Metal-Enclosed Gas-Filled High-Voltage Switchgear And Controlgear
[7] EN 61264:1998, Ceramic Pressurized Hollow Insulators For High-voltage Switchgear And Controlgear
[8] IEEE 1416:1998, IEEE Recommended Practice for the interface of New Gas-indulated Equipment in Existing Gas Insulated Substantions
[9] IEEE C37.24:1986, IEEE Guide For Evaluating The Effect Of Solar Radiation On Outdoor Metal-Enclosed Switchgear
[10] IEEE C37.122.1:1993, IEEE Guide For Gas-Insulated Substations
[11] RGE:04/82, Electrical faults mastery in high voltage SF_6 insulated substations, by Gilles Bernard, EDF, France. Published in Générale de L'Electricité RGE 4/82, April 1982.